



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**
⑯ **DE 198 43 424 A 1**

⑯ Int. Cl.⁷:
G 07 C 9/00

⑯ Aktenzeichen: 198 43 424.3
⑯ Anmeldetag: 22. 9. 1998
⑯ Offenlegungstag: 23. 3. 2000

⑯ Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑯ Vertreter:

Schoppe & Zimmermann, 81479 München

⑯ Erfinder:

Oelmaier, Florian, 91058 Erlangen, DE; Brand,
Roland, 91058 Erlangen, DE; Heuer, Andre, 91052
Erlangen, DE; Gerhäuser, Heinz, 91344
Waischenfeld, DE; Prosch, Markus, 91058 Erlangen,
DE; Korte, Olaf, 91338 Igensdorf, DE;
Plankenbühler, Roland, 90475 Nürnberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Vorrichtung zum Liefern von Ausgangsdaten als Reaktion auf Eingangsdaten und Verfahren zum Überprüfen der Authentizität und Verfahren zum verschlüsselten Übertragen von Informationen

⑯ Eine Vorrichtung zum Liefern von Ausgangsdaten als Reaktion auf Eingangsdaten, um abhängig von den Ausgangsdaten die Authentizität der Vorrichtung zu bestimmen, umfaßt eine elektronische Schaltung zum Ausführen eines Algorithmus, der aus den Eingangsdaten die Ausgangsdaten erzeugt, und eine Einrichtung zum Erfassen von Betriebsdaten, die durch einen Betrieb der elektronischen Schaltung beeinflußt werden. Die Einrichtung zum Erfassen der Betriebsdaten ist mit der elektronischen Schaltung derart gekoppelt, daß die Betriebsdaten der elektronischen Schaltung durch den Algorithmus verwendet werden, um die Ausgangsdaten zu erzeugen. Die Sicherheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird dadurch erhöht, daß ein potentieller Fälscher nicht nur die Funktionalität der Vorrichtung, sondern auch Hardware-Aspekte der Vorrichtung, wie z. B. den Leistungsverbrauch oder das Zeitverhalten, nachbilden muß, um eine authentische Karte zu simulieren.

DE 198 43 424 A 1

DE 198 43 424 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Überprüfung der Authentizität in manipulatorsicheren Systemen und insbesondere auf eine Vorrichtung zum Liefern von Ausgangsdaten als Reaktion auf Eingangsdaten, um abhängig von den Ausgangsdaten die Authentizität der Vorrichtung zu bestimmen, und auf Verfahren, die solche Vorrichtungen verwenden.

Heutzutage werden oft integrierte Schaltungen verwendet, die auf einer Chipkarte aufgebracht bzw. in einer Chipkarte eingebracht sind, um den Inhaber der integrierten Schaltungen bezüglich seiner Autorisierung zu überprüfen, eine bestimmte Handlung vorzunehmen, wobei zur Sicherung gegen gefälschte Karten zusätzlich eine Überprüfung der Authentizität der integrierten Schaltungen durchgeführt wird. Solche integrierten Schaltungen werden in Form von Smart Cards, wie sie in den Standard ISO 7816 definiert sind, oder in der Form von PC-Cards, wie sie in PCMCIA's PC CARD Standard, Ausgabe 6.1 definiert sind, eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete neben den genannten Möglichkeiten bestehen überall dort, wo Chipkarten verwendet werden, beispielsweise in Form von Telefonkarten oder Karten, die einen Zugang zu bestimmten Gebäuden ermöglichen, d. h. die als elektronische Schlüssel fungieren.

Wesentlich an den integrierten Schaltungen, die in solchen Karten zu finden sind, ist, daß nur der Benutzer, der im Besitz einer solchen Karte ist, auch den Zugang erhält oder z. B. ein verschlüsseltes Fernsehprogramm mittels seiner Smart Card entschlüsseln kann. Die Autorisierung erfolgt dabei z. B. durch Bezahlen, wenn an Telefonkarten oder Smart Cards in Verbindung mit Pay-TV gedacht wird, oder durch Erlauben einer bestimmten Funktion, wenn elektronische Schlüssel verwendet werden.

Um sicherzustellen, daß nur berechtigte Personen, d. h. Personen, die beispielsweise eine Telefonkarte erworben haben, telefonieren, ist es entscheidend, gefälschte Karten zu erkennen und Inhabern von gefälschten Karten am Beispiel von Telefonkarten das Telefonieren zu verbieten. Obwohl kein hundertprozentiger Schutz gegen Nachahmer existiert, besteht doch die Möglichkeit, Fälschern von Karten, die die Funktion der Karten nachahmen, so viel Schwierigkeiten als möglich zu bereiten.

Fälscher haben viel Einfallsreichtum aufgewendet, um die Funktionalität einer Chipkarte bzw. einer integrierten Schaltung zu kopieren. Eine Möglichkeit besteht beispielsweise darin, den Chip einer Chipkarte abzuschleifen und anhand des Layouts der integrierten Schaltung auf die Funktionalität des auf der Karte implementierten Algorithmus zu schließen. Dann kann die Funktionalität der Karte, d. h. der Algorithmus, der aufgrund eines Eingangswertes in die Karte einen Ausgangswert erzeugt, der von einem Kartenleser ausgewertet wird, mittels eines Computers simuliert werden. Hat ein Fälscher das Layout z. B. einer Telefonkarte ermittelt, so könnte er eine Simulationskarte, die mit einem Computer verbunden ist, in den Kartenleseschlitz eines Kartenlesegeräts einführen und das Verhalten der Karte bei der Authentizitätsprüfung simulieren.

Selbstverständlich existieren gegenüber solchen Angriffen auch mechanische Schutzmechanismen, die beispielsweise, wenn die Karte in ein Lesegerät eingeführt ist, einen Zugriff von außen auf die Karte unterbinden. Wie es jedoch in der Fachveröffentlichung "Tamper Resistance A Cautious Note; Proceedings – The Second USENIX Workshop on Electronic Commerce", von Markus Kuhn und Ross Anderson, dargestellt worden ist, existieren viele Fälschungsverfahren, die weiterhin den anhaltenden Bedarf nach besseren Schutzmechanismen für Schaltungen und insbesondere

für integrierte Schaltungen auf einer Chipkarte unterstreichen. Übliche Datenverschlüsselungsverfahren, die beispielsweise auf dem DES-Algorithmus basieren (DES Data Encryption Standard) oder die Prüfsummenalgorithmen umfassen, liefern zwar eine hohe Sicherheit, wenn der Verschlüsselungsschlüssel, der zusammen mit dem Krypto-Algorithmus eine Entschlüsselung ermöglicht, geheimgehalten wird. Prinzipiell ist es jedoch auch hier möglich, einen solchen Algorithmus, der in Form einer integrierten Schaltung auf einer Chipkarte hardware-mäßig integriert ist, anhand der Hardware-Implementation nachzuahmen, d. h. dessen Funktionalität beispielsweise mittels eines Computers zu simulieren.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, 15 ein Konzept zum verbesserten Schutz von elektronischen Schaltungen zu schaffen und somit eine fälschungssichere Überprüfung der Authentizität solcher elektronischen Schaltungen und eine fälschungssichere Autorisierung eines Inhabers solcher elektronischer Schaltungen zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 und durch ein Verfahren nach Anspruch 17 oder 18 20 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zu 25 grunde, daß es zwar relativ einfach ist die Funktionalität eines Chips zu kopieren, daß es jedoch viel schwieriger ist, dessen Zeit- oder Leistungsverhalten nachzubilden. Eine Vorrichtung zum Liefern von Ausgangsdaten als Reaktion auf Eingangsdaten, um abhängig von den Ausgangsdaten 30 die Authentizität der Vorrichtung zu bestimmen, umfaßt daher einerseits eine elektronische Schaltung zum Ausführen eines Algorithmus, der aus den Eingangsdaten die Ausgangsdaten erzeugt, und andererseits eine Einrichtung zum Erfassen von Betriebsdaten, die durch einen Betrieb der elektronischen Schaltung beeinflußt werden, wobei die Einrichtung zum Erfassen von Daten mit der elektronischen Schaltung derart gekoppelt ist, daß die Betriebsdaten der elektronischen Schaltung durch den Algorithmus verwendet werden, um die Ausgangsdaten zu erzeugen.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung implementiert die elektronische Schaltung einen kryptographischen Algorithmus, der die Einrichtung zum Erfassen von Betriebsdaten aufruft, um Zeit- und Leistungsmessungen durchzuführen, die neben den Eingangsdaten durch die elektronische Schaltung verwendet werden, um die Ausgangsdaten zu erzeugen. Die Ausgangsdaten stellen daher eine Kombination der Funktionalität des kryptographischen Algorithmus und der Betriebsdaten, die die Schaltung zum Ausführen des kryptographischen Algorithmus aufweist, dar. Ein Angriff auf die erfindungsgemäße Vorrichtung muß also nicht nur den kryptographischen Algorithmus sondern auch den Leistungsverbrauch und/oder das zeitliche Verhalten der elektronischen Schaltung während der Ausführung des kryptographischen Algorithmus nachbilden.

Eine Vielzahl von kryptographischen Algorithmen ist in dem Fachbuch "Applied Cryptography" von Bruce Schneier dargestellt.

Betriebsdaten der integrierten Schaltung, die beim Erzeugen der Ausgangsdaten verwendet werden, sind vorzugsweise der Leistungsverbrauch und die Laufzeit des Algorithmus in der elektronischen Schaltung. Solche Betriebs- oder "Umgebungs"-Daten können jedoch alle Daten sein, die durch einen Betrieb der elektronischen Schaltung beeinflußt werden, wie z. B. eine von der elektronischen Schaltung abgegebene elektromagnetische Strahlung und dergleichen. Grenzen für die Verwendung von Betriebsdaten bestehen darin, wie dieselben in einer praktischen Ausführung

gemessen werden können, wenn zum Beispiel an elektromagnetische Strahlung gedacht wird. Bevorzugt werden daher aufgrund der leichten Meßbarkeit, Leistungsdaten und Daten bezüglich des zeitlichen Verhaltens der elektronischen Schaltung als Betriebsdaten verwendet.

Grundsätzlich ist es nicht erforderlich, daß der Algorithmus ein kryptographischer Algorithmus ist. Derselbe könnte irgendein Algorithmus sein, der abhängig von unterschiedlichen Eingangsdaten unterschiedliche Betriebsdaten aufweist. Der Schutz gegen eine Fälschung ist jedoch umso besser, je "chaotischer" die Abhängigkeit der Betriebsdaten von unterschiedlichen Eingangsdaten ist.

Zur Verbesserung des Schutzes wird es bevorzugt, als Algorithmus einen Krypto-Algorithmus einzusetzen, der an sich einen Schutz gegen Fälschung liefert, der durch die erfundungsgemäße Berücksichtigung der Betriebsdaten der elektronischen Schaltung, die diesen kryptographischen Algorithmus ausführt, erhöht wird. Üblicherweise werden Algorithmen jedoch dahingehend entworfen, daß sie ein relativ konstantes Laufzeitverhalten unabhängig von den Eingabewerten aufweisen. Um die Sicherheit weiter zu erhöhen, wird der Algorithmus, der durch die elektronische Schaltung ausgeführt wird, bevorzugterweise zwei Teilalgorithmen haben, d. h. einen kryptographischen Algorithmus und einen Test-Algorithmus, der ausschließlich daraufhin programmiert ist, daß er ein möglichst "chaotisches" Betriebsverhalten abhängig von unterschiedlichen Eingangsdaten aufweist.

Bei der Berechnung der Ausgangsdaten, die zur Überprüfung der Authentizität der Vorrichtung verwendet werden, werden jedoch die Ergebnisse des Test-Algorithmus nicht berücksichtigt, sondern lediglich die Betriebsdaten, die die elektronische Schaltung aufweist, die den Test-Algorithmus ausführt, und die Ausgangsdaten des Krypto-Algorithmus, was es für einen Fälscher noch schwieriger macht, den Test-Algorithmus anzugreifen, da er im günstigsten Fall lediglich Eingangsdaten in den Test-Algorithmus erfährt, jedoch keine Ausgangsdaten.

Eine weitere Erhöhung der Sicherheit besteht insbesondere darin, einen mehrstufigen Krypto-Algorithmus und ebenfalls einen mehrstufigen Test-Algorithmus zu verwenden, wobei als Eingangsdaten für eine Stufe des Krypto-Algorithmus neben dem Zwischenergebnis der vorausgehenden Stufe des Krypto-Algorithmus auch die Betriebsdaten des Test-Algorithmus, die durch die Ausführung der vorausgehenden Stufe des Test-Algorithmus erzeugt worden sind, verwendet werden. Diese "Verschachtelung" eines mehrstufigen Krypto-Algorithmus mit einem mehrstufigen Test-Algorithmus bietet eine hohe Sicherheit gegen Fälschungen.

Im Gegensatz zu früheren Fälschungsversuchen, die die Struktur eines Chips unter Verwendung verschiedener Verfahren zu identifizieren versucht haben, und die dann diese Daten verwendet haben, um die Funktionalität eines Chips zu analysieren und in einen anderen Chip zu integrieren, bzw. durch einen Computer zu simulieren, müssen Fälscher, die die erfundungsgemäße Vorrichtung angreifen, einen vollständigen Neuentwurf des Chips durchführen und vielleicht sogar das Produktionsverfahren darauf ausrichten. Dies ist notwendig, da nicht nur die Funktionalität des Chips nachgeahmt werden muß, sondern auch das Betriebsverhalten der elektronischen Schaltung, d. h. die Hardware. Im Gegensatz zum Stand der Technik, bei dem die Sicherheit durch immer ausgefeilte Funktionalitäten zu erreichen versucht wurde, setzt die vorliegende Erfindung darauf, Hardwareaspekte in die Sicherheit miteinzubeziehen, derart, daß ein Fälscher unter Umständen sogar genau den gleichen Prozeß zur Herstellung integrierter Schaltungen verwenden muß, um identische Leistungs- bzw. Laufzeitdaten nachzu-

ahmen, um eine authentische Vorrichtung zu simulieren, d. h. zu fälschen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detaillierter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 das Zusammenwirken eines Krypto-Algorithmus und eines Test-Algorithmus gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 ein Flußdiagramm für ein Verfahren zum Prüfen der Authentizität unter Verwendung zweier erfundungsgemäßer Vorrichtungen; und

Fig. 5 ein Flußdiagramm eines Verfahrens zum verschlüsselten Übertragen von Informationen von einem ersten Ort zu einem zweiten Ort unter Verwendung zweier erfundungsgemäßer Vorrichtungen.

Fig. 1 zeigt als Prinzipblockschaltbild eine erfundungsgemäße Vorrichtung 10 zum Liefern von Ausgangsdaten 12 als Reaktion auf Eingangsdaten 14, um abhängig von den Ausgangsdaten 12 die Authentizität der Vorrichtung 10 zu bestimmen. Die Vorrichtung 10 umfaßt eine elektronische Schaltung 16 zum Ausführen eines Algorithmus, der aus den Eingangsdaten 14 die Ausgangsdaten 12 erzeugt, und eine Einrichtung 18 zum Erfassen von Betriebsdaten, die durch einen Betrieb der elektronischen Schaltung 16 beeinflußt werden, wobei die Einrichtung 18 zum Erfassen von Betriebsdaten mit der elektronischen Schaltung 16 derart gekoppelt ist, daß die Betriebsdaten der elektronischen Schaltung 16 durch den Algorithmus verwendet werden, um die Ausgangsdaten 12 zu erzeugen.

Die Einrichtung 18 zum Erfassen von Betriebsdaten erfaßt vorzugsweise eine verstrichene Berechnungszeit oder den Leistungsverbrauch der elektronischen Schaltung 16 zum Ausführen eines Algorithmus. Im Gegensatz zu der Funktionalität, die der Algorithmus, der durch die elektronische Schaltung 16 implementiert ist, ausführt, werden die

Betriebsdaten auch als Umgebungsdaten bezeichnet. Solche Umgebungsdaten können alle Daten sein, die dazu geeignet sind, den Betrieb eines Chips, d. h. einer elektronischen Schaltung, zu beschreiben, beispielsweise die elektromagnetische Strahlung, die von der elektronischen Schaltung 16 abgegeben wird. Eine Grenze besteht lediglich wegen der technischen Möglichkeiten, Meßeinrichtungen in die Vorrichtung 10 zu integrieren.

Die Vorrichtung 10 ist vorzugsweise in integrierter Form hergestellt und als Smart Card, PC-Card, Telefonkarte, elektronischer Schlüssel und dergleichen ausgeführt. Die Messung der Betriebsdaten durch die Einrichtung 18 findet dann auf der Karte selbst statt. Daher werden Zeitdaten und Leistungsdaten als Betriebsdaten bevorzugt, da sie ohne weiteres messbar sind.

Die Messung des aktuellen Leistungsverbrauchs kann durch ein relativ einfaches elektronisches Netzwerk realisiert werden, das aus einem Widerstand, einem Kondensator und einem Analog/Digital-Wandler besteht. Diese Schaltungsanordnung sollte so genau als möglich sein. Aufgrund von Schwankungen der Eingangsleistung und der Materialeigenschaften ist die Genauigkeit jedoch begrenzt, da wiederholte Ausführungen mit den gleichen Eingangswerten genau die gleichen Ergebnisse unabhängig von Umgebungsbedingungen erzeugen müssen.

Fig. 2 zeigt eine etwas detailliertere Ansicht der erfundungsgemäßen Vorrichtung 10 gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die elektronische Schaltung 16 zum Ausführen eines Algorithmus

ist dabei in zwei Teilschaltungen 16a und 16b unterteilt, wobei die Teilschaltung 16a einen Krypto-Algorithmus ausführen kann, während die Teilschaltung 16b einen Test-Algorithmus ausführen kann.

Die Einrichtung 18 zum Erfassen von Betriebsdaten ist ebenfalls zweigeteilt und umfaßt eine Einrichtung zur Zeitmessung 18a und eine weitere Einrichtung zur Leistungsmessung 18b.

Die Zeitmessung durch die Einrichtung 18 zum Erfassen von Betriebsdaten sollte mittels eines internen Taktchips durchgeführt werden, da ein zugeührter Takt zu stark variieren kann. Die Zeitsteuerung sollte so genau als möglich sein, da wiederholte Ausführungen die gleichen Ergebnisse erzeugen müssen. Zeitmessungen können auf der Basis des Takts des Chips durchgeführt werden, wodurch jedoch sicherheitsrelevante Kompromisse eingegangen werden müssen, da dann die tatsächliche Geschwindigkeit der elektronischen Schaltung 16 relevant ist, sondern nur die Taktzyklen pro Befehl entscheidend sind.

Dadurch, daß Betriebsdaten der Einrichtung 16 verwendet werden, wird der Algorithmus, der durch die Einrichtung 16 ausgeführt wird, Hardware-abhängig gemacht. Gleichzeitig müssen diese Meßwerte jedoch zuverlässig reproduzierbar sein, derart, daß beim Überprüfen der Authentizität aufgrund von Parameterschwankungen keine falschen Ergebnisse auftreten. Andererseits sollten die Anforderungen an die Betriebsdaten, d. h. die Herstellungstoleranzen zum Herstellen einer zu testenden Vorrichtung und einer Prüfvorrichtung, so eng als möglich gewählt werden, um eine hohe Sicherheit zu erreichen.

Bezüglich der Zeitmessung ist die Einrichtung 18a bevorzugterweise angeordnet, um absolute Zeiten mittels eines unabhängigen Taktchips, der in der Einrichtung 18a integriert ist, zu messen. Damit wird eine höhere Sicherheit erreicht, jedoch auch eine Abhängigkeit von äußeren Taktgerbern, wodurch die Portierbarkeit von einem Gerät zu einem anderen verschlechtert wird.

Bei der Einrichtung 18b zur Leistungsmessung entstehen durch die Hardwareabhängigkeit gewisse Probleme. Digitalisierfehler des A/D-Wandlers, der in der Einrichtung 18b zur Leistungsmessung enthalten ist, können die Resultate unvorhersagbar machen. Dieses Problem kann entweder dadurch gelöst werden, daß sehr hohe Abtastraten verwendet werden, und daß großzügige Rundungen durchgeführt werden, oder daß in der Einrichtung 18b zur Leistungsmessung aufwendige Rauschreduktionsalgorithmen implementiert sind. Eine andere Möglichkeit, dieses Problem anzugehen, besteht in der Verwendung von Mustererkennungsalgorithmen, die bestimmte Klassifikationszahlen aus den aufgezeichneten Signalen, d. h. Zeit- oder Leistungsverbrauchs-werten, liefern, die durch diesen Mustererkennungsalgorithmus verwendet werden können. In diesem Fall besteht die Hardwareabhängigkeit der Vorrichtung 10 darin, daß nicht absolute Betriebsdaten verwendet werden, sondern bestimmte "Verläufe", d. h. der Leistungsverbrauch über der Zeit, oder bestimmte Berechnungszeiten einzelner Algorithmusstufen eingesetzt werden, um den zusätzlichen Sicherheitsaspekt der Hardwareabhängigkeit zu erreichen.

Bezüglich der Architektur der Verknüpfung des Algorithmus, der durch die elektronische Schaltung 16 ausgeführt wird, und der Betriebsdaten werden lediglich beispielhaft zwei Möglichkeiten erwähnt. Die eine Möglichkeit wird als Prüfpunktarquktur bezeichnet. Eine externe Steuerung, die mit der Einrichtung 16 beispielsweise über einen Hilfseingang gekoppelt ist, unterrichtet die Ausführung des Algorithmus durch die elektronische Schaltung 16 z. B. nach einer bestimmten Anzahl von Taktzyklen oder Sekunden. Dann wird ein "Schnappschuß" des Ausführungszustands

der elektronischen Schaltung 16 genommen. Dieser Schnappschuß umfaßt beispielsweise Daten bezüglich des Algorithmusfortschritts, Registerzustände, den Leistungsverbrauch seit dem letzten Prüfpunkt oder den Zeitverbrauch seit dem letzten Prüfpunkt. Diese Architektur macht es nicht erforderlich, den Algorithmus in Teile aufzuteilen. Wenn jedoch keine Taktzyklen für die Zeitmessung verwendet werden, ist diese Möglichkeit in der Realität schwierig zu implementieren, da eine langsamere Ausführung des Algorithmus aufgrund von äußeren Bedingungen einen Schnappschuß vollständig ändern kann. Ein Schnappschuß kann ferner nicht gerundet werden, wie es bereits angesprochen wurde. In den meisten Fällen werden ferner zu viele Daten gesammelt, daher müssen Daten kombiniert werden. Ein Kombinationsalgorithmus hängt von den während des Schnappschusses aufgezeichneten Daten ab und kann von einer einfachen XOR-Verknüpfung bis zu komplexen Prüfsummenalgorithmen, wie z. B. "Message-Digest-Algorithmen" reichen.

Die zweite Möglichkeit, die als die "Anforderungsarchitektur" bezeichnet wird, wird daher bevorzugt. Dieselbe ist in Fig. 3 schematisch dargestellt. Fig. 3 zeigt die Verschachtelung eines Krypto-Algorithmus 16a mit einem Testalgorithmus 16b. Der Krypto-Algorithmus 16a, der beispielsweise ein DES-Algorithmus sein kann, der in n Stufen aufgeteilt ist, erhält in Stufe 1 die Eingangsdaten 14. Ein Test-Algorithmus 16b, auf den noch eingegangen wird, ist ferner vorzugsweise ebenfalls in n Stufen aufgebaut und enthält in seiner Stufe 1 ebenfalls die Eingangsdaten 14.

Nachdem der Krypto-Algorithmus 16a die erste Stufe ausgerechnet hat, liefert er ein bestimmtes Zwischenergebnis. Die erste Stufe des Test-Algorithmus 16b liefert nicht die Ergebnisse des Test-Algorithmus, die uninteressant sind, sondern die Betriebsdaten desselben als Eingangssignal in die zweite Stufe des Krypto-Algorithmus 16a, wie es durch einen Pfeil 20 dargestellt ist. Dieses Verfahren wiederholt sich für jede der n Stufen, derart, daß jede Stufe des Krypto-Algorithmus 16a als Eingangssignal sowohl das Zwischenergebnis der letzten Stufe des Krypto-Algorithmus als auch die Betriebsdaten des Test-Algorithmus der letzten Stufe erhält. Diese Architektur heißt deswegen Anforderungsarchitektur, da entweder der Krypto-Algorithmus selbst oder eine Steuerung den Test-Algorithmus auffordert, Messungen von Betriebsdaten durchzuführen und die Betriebsdaten dann zum Krypto-Algorithmus zu übermitteln.

Obwohl bisher davon gesprochen wurde, daß, wenn sowohl der Krypto-Algorithmus als auch der Test-Algorithmus durch die elektronische Schaltung 16 ausgeführt werden, die Ergebnisse des Test-Algorithmus nicht berücksichtigt werden, und nur die Betriebsdaten der elektronischen Schaltung, die den Test-Algorithmus ausführt, bei der Erzeugung der Ausgangsdaten 12 berücksichtigt werden, können selbstverständlich auch die Ergebnisse des Test-Algorithmus in den Krypto-Algorithmus miteinbezogen werden. Dadurch, daß die Ergebnisse des Test-Algorithmus jedoch in der Vorrichtung selbst verworfen werden und überhaupt nicht nach außen treten, wird es einem Fälscher wesentlich schwerer gemacht, auf den Test-Algorithmus zu schließen, um dessen Betriebsverhalten zu simulieren, um die Betriebsdaten zu gewinnen, da er im für ihn günstigsten Fall lediglich die Eingangsdaten 14 in denselben und die Betriebsdaten kennt, jedoch nicht die Ausgangsdaten. Es ist ihm daher nahezu unmöglich, die Funktionalität des Test-Algorithmus nachzubilden, um auf die Betriebsdaten schließen zu können.

Prinzipiell wäre es auch möglich, die Betriebsdaten mit irgend einem anderen Algorithmus zu simulieren, der ähnliche Betriebsverhältnisse aufweist. Wenn jedoch ein Test-Al-

gorithmus mit ausreichender Komplexität verwendet wird, wie z. B. ein Algorithmus zur Berechnung von Fraktalen, so ist es in der Tat nahezu unmöglich, das Betriebsverhalten des Test-Algorithmus ohne Kenntnis der Ergebnisdaten nachzubilden. Selbst wenn die Funktionalität des Test-Algorithmus mit sehr großem Aufwand aus dem Layout der integrierten Schaltungen, die denselben ausführt, gewonnen werden sollte, so besteht der Sicherheitsaspekt der vorliegenden Erfindung darin, daß die Funktionalität an sich überhaupt nichts nutzt, sondern daß neben der Funktionalität auch das Betriebsverhalten der elektronischen Schaltung 16 nachgebildet werden müßte. Außerdem weiß ein Fälscher a priori nicht, ob nun die Betriebsdaten des Test-Algorithmus in den Krypto-Algorithmus eingespeist werden oder nicht, bzw. welche Kombinationen oder Verknüpfungen derselben vorliegen. So wäre es selbstverständlich möglich, nur bei ein paar Stufen die Ergebnisdaten des Test-Algorithmus zu berücksichtigen, und bei den anderen Stufen lediglich die Betriebsdaten in die Durchführung des Krypto-Algorithmus miteinzubeziehen.

Für die vorliegende Erfindung ist es daher nicht unbedingt notwendig, das Betriebsverhalten des kryptographischen Algorithmus oder Krypto-Algorithmus zu messen. Wie es aus Fig. 3 ersichtlich ist und bereits hinreichend beschrieben worden ist, kann ein Test-Algorithmus durch die elektronische Schaltung 16 ausgeführt werden, der vorzugsweise ein komplexer und schwieriger Algorithmus mit nur schwer vorhersagbarem oder "pseudochaotischem" Verhalten ist. Wenn nun im einfachsten Fall Eingangssignale verschiedener Länge verschiedene Betriebsdaten erzeugen, und wenn der Algorithmus an sich geheimgehalten wird, so ist bereits ein guter Schutz erreicht, da ein Fälscher, der die Funktionalität des Algorithmus nachbilden möchte, keine authentische Karte erzeugen kann, da ja nicht die Ergebnisdaten des Test-Algorithmus die Ausgangsdaten bilden, sondern im einfachsten Fall die Betriebsdaten. Zur Verbesserung der Version mit Test-Algorithmus allein können selbstverständlich bei der Erzeugung der Ausgangsdaten nicht nur ausschließlich die Betriebsdaten verwendet werden, sondern auch die Ergebnisdaten mit den Betriebsdaten auf irgend eine Art und Weise verknüpft werden. Den besten Schutz erreicht man jedoch, wenn der Test-Algorithmus mit dem Krypto-Algorithmus beispielsweise auf die in Fig. 3 gezeigte Art verknüpft wird.

Der Test-Algorithmus sollte spezielle Merkmale der elektronischen Schaltung 16 benutzen, wodurch die Schwierigkeit für Angriffe weiter erhöht wird. Ferner sollte dieser Algorithmus kein einfaches Laufzeitverhalten zeigen, das darin bestehen könnte, daß höherwertige Eingangssignale in langsameren Berechnungen resultieren. Ein solches Verhalten würde das Betriebsverhalten der elektronischen Schaltung 16, die den Algorithmus ausführt, in gewisser Weise wieder vorhersagbar machen. Daher kann das Eingangssignal beispielsweise mittels einer Serie von XOR-Operationen randomisiert werden, oder dasselbe kann durch eine Funktion mit "pseudochaotischem" Verhalten geschickt werden, derart, daß das Ausgangssignal der Funktion zwar definiert mit dem Eingangssignal zusammenhängt, daß dieser Zusammenhang jedoch außerordentlich kompliziert ist und allein durch Betrachten kein funktionsmäßiger Zusammenhang zu sehen ist. In diesem Fall besteht der Test-Algorithmus selbst aus zwei Teilen, und zwar aus einem Teil, der das Eingangssignal zufällig oder zumindest sehr unvorhersagbar macht und aus einem zweiten Teil, der der eigentliche Test-Algorithmus ist, um beispielsweise den Zeitablauf oder den Leistungsverbrauch der integrierten Schaltung 16 bestimmen zu können.

Fig. 4 zeigt ein Flußdiagramm für ein Verfahren zum

Überprüfen der Authentizität einer Vorrichtung, wie es beispielsweise ein elektronisches Türschloß ausführen könnte, um nur einen Inhaber einer authentischen "Schlüsselkarte" durch die Türe passieren zu lassen. Ein solches elektronisches Türschloß umfaßt im allgemeinen Fall eine Mikrosteuerung und ein Karten-Lese/Schreib-Gerät, in das eine Karte mit der erfundungsgemäßen Vorrichtung eingeführt werden kann, sowie ein festinstalliertes Karten-Lese/Schreib-Gerät, in dem eine Referenzkarte, die ebenfalls die erfundungsgemäße Vorrichtung aufweist, fest eingebaut und von außen unzugänglich angeordnet ist. Die Referenz- oder Prüfvorrichtung entspricht der zu testenden Vorrichtung dahingehend, daß beide beispielsweise aus einer gleichen Produktcharge stammen, um sich hardwaremäßig zu gleichen, um ein möglichst ähnliches Betriebsverhalten zu haben.

Möchte nun ein Karteninhaber in eine Tür eintreten, die durch ein derartiges elektronisches Schlüsselsystem verschen ist, so wird er seine Karte, auf der die erfundungsgemäße Vorrichtung angebracht ist, in das Kartenlesegerät einführen.

Das Verfahren zum Überprüfen der Authentizität der eingeführten, d. h. zu testenden Vorrichtung ist in Fig. 4 dargestellt. Zunächst wählt die Mikrosteuerung beliebige zufällige Eingangsdaten (Block 40). In einem nächsten Schritt 25 werden diese Eingangsdaten sowohl in die zu testende Vorrichtung als auch in die Prüfvorrichtung eingespeist (Block 42). Sowohl die von dem Benutzer bezüglich ihrer Authentizität zu überprüfende Vorrichtung, d. h. die zu testende Vorrichtung, als auch die in dem Türschloß vorzugsweise 30 fest eingebaute Prüfvorrichtung führen nun parallel zueinander die gleichen Schritte durch und erzeugen Ausgangsdaten, wobei die Ausgangsdaten der Prüfvorrichtung von den Betriebsdaten der elektronischen Schaltung 16 der Prüfvorrichtung abhängen, und wobei die Ausgangsdaten der zu testenden Vorrichtung von den Betriebsdaten der elektronischen Schaltung 16 der zu testenden Vorrichtung abhängen.

In einem Block 44 werden die Ausgangsdaten der beiden Vorrichtungen verglichen. Stimmen dieselben überein, so wird die Authentizität der zu testenden Vorrichtung bejaht 40 (Block 46). Stimmen die Ausgangsdaten nicht überein, so wird die Authentizität der zu testenden Vorrichtung verneint (Block 48), und das Türschloß wird nicht geöffnet. In diesem Fall werden sowohl die zu testende Vorrichtung als auch die Prüfvorrichtung von ein und derselben Mikrosteuerung "bedient". Dies bedeutet, daß beispielsweise ein externer Takt zur Messung des Zeitverhaltens, der mit der Einrichtung 18 zum Erfassen der Betriebsdaten gekoppelt ist, für beide Vorrichtungen identisch sind. In diesem Fall können die Betriebsdaten außerordentlich genau ermittelt werden, da Taktchwankungen oder ähnliches beide Vorrichtungen gleichermaßen betreffen und somit nicht zu einer Divergenz der beiden Vorrichtungen führen.

Dieses Verfahren, das darin besteht, daß einer Vorrichtung ein Eingangssignal gegeben wird, derart, daß dieselbe ein Ausgangssignal erzeugt, wobei das Ausgangssignal in Abhängigkeit des Eingangssignals beurteilt wird, wird auch als "Challenge-Response"-Algorithmus bezeichnet. Vorzugsweise wird irgendein zufälliges Eingangssignal der Vorrichtung zugeführt, welche dann mittels der elektronischen Schaltung 16 ein Ergebnis berechnet und die gesammelten Betriebsdaten ausgibt, d. h. bei den Ausgangsdaten verarbeitet. Die Verifizierung findet durch Vergleich mit einer Referenz- oder Prüfvorrichtung statt. Für einen Angreifer wäre es prinzipiell möglich, die Datenkommunikation zwischen der zu testenden Vorrichtung und der Mikrosteuerung innerhalb des Kartenlesegeräts, das ja per Definition nach außen zugänglich sein muß, abzuhören. Da jedoch bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Er-

findung, das in **Fig. 3** dargestellt ist, die Betriebsdaten lediglich innerhalb der erfindungsgemäßen Vorrichtung verarbeitet werden und nicht nach außen übermittelt werden, und daferner die Ergebnisdaten des Test-Algorithmus ebenfalls innerhalb der Vorrichtung verbleiben und nicht nach außen übermittelt werden, und sogar überhaupt nicht weiter berücksichtigt werden, wird einem Angreifer auf die erfindungsgemäße Vorrichtung auch ein Abhören nicht besonders viel weiterhelfen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt daher drei Geheimaspekte, die zunächst ein herkömmliches geheimes Passwort für den Krypto-Algorithmus, weiterhin den geheimen Test-Algorithmus und schließlich den konkreten Hardware-Entwurf der elektronischen Schaltung **16** umfassen.

Das in **Fig. 3** gezeigte Konzept des Einspeisens der Betriebsdaten in entsprechende Stufen eines Krypto-Algorithmus, der bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der DES-Algorithmus ist, führt zu dem sicherheitsmäßig bevorzugten Verwenden von Einbahnstraßen-Funktionen. Dies bedeutet, daß von bestimmten Eingangsdaten lediglich Ausgangsdaten berechnet werden können, daß jedoch nicht von den Ausgangsdaten funktionsmäßig auf die Eingangsdaten zurückgerechnet werden kann, da die Verwendung der Betriebsdaten eine chronologische Reihenfolge der Berechnung festlegt. Bei der in **Fig. 4** gezeigten Überprüfung der Authentizität einer zu testenden Vorrichtung ist eine Umkehrung der Funktionalität auch gar nicht erforderlich, da sowohl die zu testende Vorrichtung als auch die Prüfvorrichtung parallel eine Einbahnstraßen-Funktion durchführen und niemals eine umgekehrte Berechnungsreihenfolge einsetzen müssen.

Wenn für die elektronische Schaltung **16** spezielle Prozessoren eingesetzt werden, die für bestimmte Operationen optimiert sind, derart, daß ein Standardchip oder ein Computer nicht in der Lage ist, das Zeitverhalten bestimmter Prozessoren zu simulieren, kann die Sicherheit weiter gesteigert werden.

Eine weitere Verbesserung besteht darin, daß der Test-Algorithmus, dessen Ergebnisse bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel, das in **Fig. 3** gezeigt ist, nicht verwendet werden, und der lediglich zur Erzeugung der Betriebsdaten vorhanden ist, von Zeit zu Zeit ausgetauscht werden kann. Ein solcher Austausch des Test-Algorithmus ist flexibel möglich, es muß lediglich darauf geachtet werden, daß die zu testende Vorrichtung und die Prüfvorrichtung denselben Test-Algorithmus haben, um bei authentischer Karte gleiche Betriebsdaten zu haben.

Die vorliegende Erfindung kann auf nahezu jeden kryptographischen Algorithmus, d. h. Krypto-Algorithmus, angewendet werden. Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht zusätzlich darin, daß die vorliegende Erfindung in bestehende Sicherheitssysteme integriert werden kann.

Fig. 5 zeigt eine weitere Anwendungsmöglichkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung am Beispiel des verschlüsselten Übertragens von Informationen von einem Ort zu einem anderen Ort, wie es beispielsweise beim "Fernsehen gegen Bezahlung" oder "Pay-TV" zu finden ist. Zunächst müssen die zu verschlüsselnden Informationen in einem Sender verschlüsselt werden. Dazu umfaßt der Sender eine Smart Card, die eine erfindungsgemäße Vorrichtung aufweist. Zunächst werden vom Sender zufällige Eingangsdaten als Passwort-Zeichenkette ausgewählt (Block **50**). In einem Block **52** werden die Eingangsdaten **14** in die Sender-Smart Card eingespeist, die in einem Schritt **54** Ausgangsdaten **12** erzeugt. Die zu verschlüsselnden Informationen werden nun mit den von der Sender-Smart Card erzeugten Ausgangsdaten **12** als Schlüssel verschlüsselt (Block **56**). Die verschlüsselten Informationen werden nun zusammen mit den im

Block **50** ausgewählten Ausgangsdaten von dem einen Ort zu dem anderen Ort, d. h. von dem Sender zu dem Empfänger, übertragen (Block **58**).

Es sei darauf hingewiesen, daß zum einen nun die Informationen verschlüsselt sind und daher nur von dem entschlüsselt werden, der eine entsprechende Autorisierung beispielsweise in Form einer Empfänger-Smart Card erworben hat. Zum anderen wird der Schlüssel zum Verschlüsseln der Informationen nicht explizit übertragen, sondern lediglich die Eingangsdaten in die Sender-Smart Card. Ein Nutzer, der nicht im Besitz einer autorisierten Empfänger-Smart Card ist, die die gleichen Betriebsdaten wie die Sender-Smart Card aufweist, wird nun nicht in der Lage sein, aus den Eingangsdaten **14** die korrekten Ausgangsdaten **12** zu erzeugen, um die verschlüsselten Informationen wieder zu entschlüsseln.

Zunächst besteht die Aufgabe im Empfänger darin, die Eingangsdaten aus der Übertragung, die sowohl die verschlüsselten Informationen als auch die Eingangsdaten aufweist, zu extrahieren (Block **60**). Die in dem Block **60** extrahierten Eingangsdaten werden nun in die Empfänger-Smart Card eingespeist (Block **62**), die im Falle einer authentischen Empfänger-Smart Card das gleiche Betriebsverhalten wie die Sender-Smart Card aufweist, und damit aus den Eingangsdaten die gleichen Ausgangsdaten erzeugt (Block **64**). In einem Block **66** werden schließlich die verschlüsselten Informationen unter Verwendung der Ausgangsdaten der Empfänger-Smart Card entschlüsselt.

Ist die Empfänger-Smart Card eine gefälschte Karte, die nicht dasselbe Betriebsverhalten wie die Sender-Smart Card aufweist, so wird dies bei dem in **Fig. 5** gezeigten Verfahren nicht sofort erkannt, da keine Überprüfung der Authentizität, wie bei **Fig. 4**, stattfindet. Die Ausgangsdaten, die als Schlüssel zum Entschlüsseln benötigt werden, werden jedoch nicht den Ausgangsdaten, die im Block **54** zum Verschlüsseln verwendet wurde, entsprechen, weshalb keine korrekte Entschlüsselung der verschlüsselten Informationen möglich ist. Dies bedeutet, daß im einfachsten Fall eine gefälschte Smart Card im Empfänger nicht sofort beanstandet wird, sondern daß sie aufgrund anderer Betriebsdaten wie die Sender-Smart Card zwar Ausgangsdaten **12** liefert, daß jedoch mit den gelieferten Ausgangsdaten keine korrekte Entschlüsselung möglich ist, wodurch ein Fälscher keinen Nutzen seiner gefälschten Karte hat.

Die vorliegende Erfindung umfaßt daher eine elektronische Schaltung, die vorzugsweise integriert ist, und eine Einrichtung zum Überwachen des Betriebs der elektronischen Schaltung durch Messen von Daten, wobei der Betrieb der elektronischen Schaltung das Ausführen eines Algorithmus umfaßt, der als Ergebnis einer vorzugsweise komplexen Berechnung Ausgangsdaten liefert. Diese Ausgangsdaten werden jedoch durch die gemessenen Betriebsdaten beeinflußt. Vorzugsweise umfassen die gemessenen Daten Zeit- oder Leistungsmessdaten. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann beliebig auf Karten, z. B. Smart Cards oder PC-Cards, elektronischen Schlüsseln und dergleichen, untergebracht werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Liefern von Ausgangsdaten (12) als Reaktion auf Eingangsdaten (14), um abhängig von den Ausgangsdaten (12) die Authentizität der Vorrichtung (10) zu bestimmen, mit folgenden Merkmalen:
einer elektronischen Schaltung (16) zum Ausführen eines Algorithmus, der aus den Eingangsdaten (14) die Ausgangsdaten (12) erzeugt; und

einer Einrichtung (18) zum Erfassen von Betriebsdaten, die durch einen Betrieb der elektronischen Schaltung (16) beeinflußt werden, wobei die Einrichtung (18) zum Erfassen mit der elektronischen Schaltung (16) derart gekoppelt ist, daß die Betriebsdaten der elektronischen Schaltung durch den Algorithmus, der durch die elektronische Schaltung (16) ausgeführt wird, verwendet werden, um die Ausgangsdaten (12) zu erzeugen. 5

2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, bei der die Betriebsdaten aus der Gruppe ausgewählt sind, die Zeitdaten und Leistungsdaten umfaßt. 10

3. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei der die elektronische Schaltung (16) und die Einrichtung (18) zum Erfassen als eine Einheit integriert sind. 15

4. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die in einer Smart Card oder einer PC-Card enthalten ist. 20

5. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die elektronische Schaltung (16) angeordnet ist, um einen Krypto-Algorithmus auszuführen. 25

6. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die elektronische Schaltung (16) angeordnet ist, um einen Prüfsummen-Algorithmus auszuführen. 25

7. Vorrichtung (10) nach Anspruch 5, bei der der Krypto-Algorithmus ein mehrstufiger Algorithmus ist, wobei die Betriebsdaten einer Algorithmus-Stufe als Eingangsdaten für die darauffolgende Algorithmus-Stufe verwendet werden. 30

8. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die elektronische Schaltung (16) angeordnet ist, um nach einer vorbestimmten Ausführungszeit während der Ausführung des Algorithmus den Betrieb anzuhalten, und bei der die Einrichtung (18) zum Erfassen angeordnet ist, um Betriebsdaten zu der vorbestimmten Ausführungszeit in den Algorithmus einzuspeisen. 35

9. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der der Algorithmus derart gestaltet ist, daß er die Eingangsdaten (14) zunächst randomisiert, wodurch die Abhängigkeit der Betriebsdaten von den Eingangsdaten pseudozufällig ist. 40

10. Vorrichtung (10) nach Anspruch 9, bei der die Ausgangsdaten, die durch den Algorithmus erzeugt werden, lediglich die Betriebsdaten sind. 45

11. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die elektronische Schaltung (16) zwei Teilschaltungen (16a, 16b) aufweist, die je einen Teil-Algorithmus ausführen, wobei der erste Teil-Algorithmus ein Test-Algorithmus ist, dessen Betriebsdaten durch die Einrichtung (18) zum Erfassen erfaßt werden, und wobei der zweite Teil-Algorithmus ein Krypto-Algorithmus oder ein Prüfsummen-Algorithmus ist, wobei die Betriebsdaten des Test-Algorithmus in dem 50 Krypto-Algorithmus verarbeitet werden.

12. Vorrichtung (10) nach Anspruch 11, bei der die zweite Teilschaltung (16a) angeordnet ist, um den DES-Algorithmus auszuführen, der n Stufen aufweist, und bei der die erste Teilschaltung (16b) angeordnet ist, um einen Test-Algorithmus auszuführen, der ebenfalls n Stufen aufweist, wobei die Eingangsdaten sowohl in die erste Stufe des DES-Algorithmus als auch in die erste Stufe des Test-Algorithmus einspeisbar sind, und wobei Daten, die in eine weitere Stufe des DES-Algorithmus einspeisbar sind, Ergebnisdaten der ersten 60 Stufe des DES-Algorithmus und Betriebsdaten der ersten Stufe des Test-Algorithmus sind, während ein Er-

gebnis einer Stufe des Test-Algorithmus verworfen wird.

13. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung zum Erfassen von Betriebsdaten eine Zeitmeßeinrichtung (18a) und eine Leistungsmeßeinrichtung (18b) aufweist, um die Zeit zu messen, die die elektronische Schaltung (16) zum Ausführen einer bestimmten Aufgabe benötigt, bzw. um die Leistung zu messen, die beim Ausführen der bestimmten Aufgabe verbraucht wird.

14. Vorrichtung (10) nach Anspruch 13, bei der die Leistungsmeßeinrichtung (18b) einen Widerstand, einen Kondensator und einen A/D-Wandler zum Messen der verbrauchten Leistung aufweist.

15. Vorrichtung (10) nach Anspruch 13 oder 14, bei der die Zeitmeßeinrichtung einen internen Taktgenerator aufweist.

16. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Einrichtung (18) zum Erfassen der Betriebsdaten einen Mustererkennungs-Algorithmus aufweist, um aus Leistungs- oder Zeitparametern der elektronischen Schaltung (16) die Betriebsdaten zu erzeugen.

17. Verfahren zum Überprüfen der Authentizität einer zu testenden Vorrichtung (10) gegenüber einer Prüfvorrichtung (10) wobei die zu testende Vorrichtung (10) und die Prüfvorrichtung (10) jeweils eine elektronische Schaltung (16) zum Ausführen eines Algorithmus, der aus Eingangsdaten (14) Ausgangsdaten (12) erzeugt, und eine Einrichtung (18) zum Erfassen von Betriebsdaten, die durch einen Betrieb der elektronischen Schaltung (16) beeinflußt werden, aufweist, wobei die Einrichtung (18) zum Erfassen der Betriebsdaten mit der elektronischen Schaltung (16) derart gekoppelt ist, daß die Betriebsdaten der elektronischen Schaltung durch den Algorithmus verwendet werden, um die Ausgangsdaten zu erzeugen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Auswählen (40) von Eingangsdaten;

Einspeisen (42) der Eingangsdaten in die zu testende Vorrichtung (10);

Einspeisen (42) der Eingangsdaten in die Prüfvorrichtung (10);

Vergleichen (44) der Ausgangsdaten der zu testenden Vorrichtung mit den Ausgangsdaten der Prüfvorrichtung; und

Bejahen (46) der Authentizität der zu testenden Vorrichtungen gegenüber der Prüfvorrichtung, wenn die Ausgangsdaten übereinstimmen, derart, daß eine Authentizität lediglich bejaht wird, wenn die Betriebsdaten der zu testenden Vorrichtung und der Prüfvorrichtung entsprechend sind.

18. Verfahren zum verschlüsselten Übertragen von Informationen von einem ersten zu einem zweiten Ort, mit folgenden Merkmalen:

Erzeugen (50) eines Zufallsworts;

Einspeisen (52) des Zufallsworts in eine erste Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, die an dem ersten Ort angeordnet ist;

Erzeugen (54) der Ausgangsdaten, die von den Betriebsdaten der ersten Vorrichtung (10) abhängen;

Verschlüsseln (56) der Informationen mit den erzeugten Ausgangsdaten als Schlüssel;

Übertragen (58) der verschlüsselten Informationen und des Zufallsworts von dem ersten Ort zu dem zweiten Ort;

Einspeisen (62) des Zufallsworts in eine zweite Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 16;

Erzeugen (64) von Ausgangsdaten durch die zweite Vorrichtung, die an dem zweiten Ort positioniert; Entschlüsseln (66) der verschlüsselten Informationen unter Verwendung der Ausgangsdaten der zweiten Vorrichtung (10) als Schlüssel, 5 wobei die entschlüsselten Informationen dann den ursprünglichen Informationen vor dem Verschlüsseln entsprechen, wenn die Betriebsdaten der ersten Vorrichtung (10) an dem ersten Ort den Betriebsdaten der zweiten Vorrichtung (10) an dem zweiten Ort entspre- 10 chen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

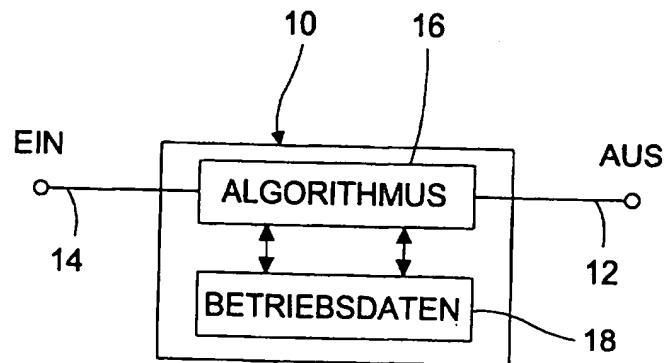


FIG.1

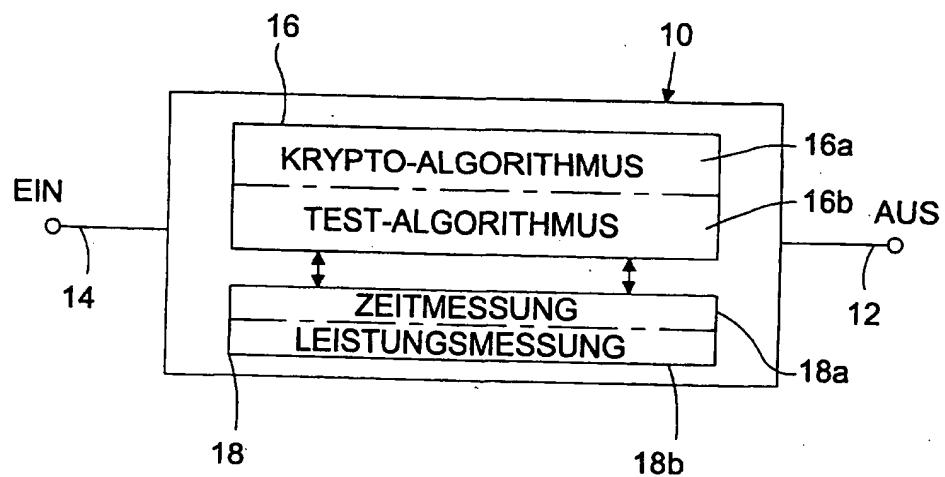


FIG.2

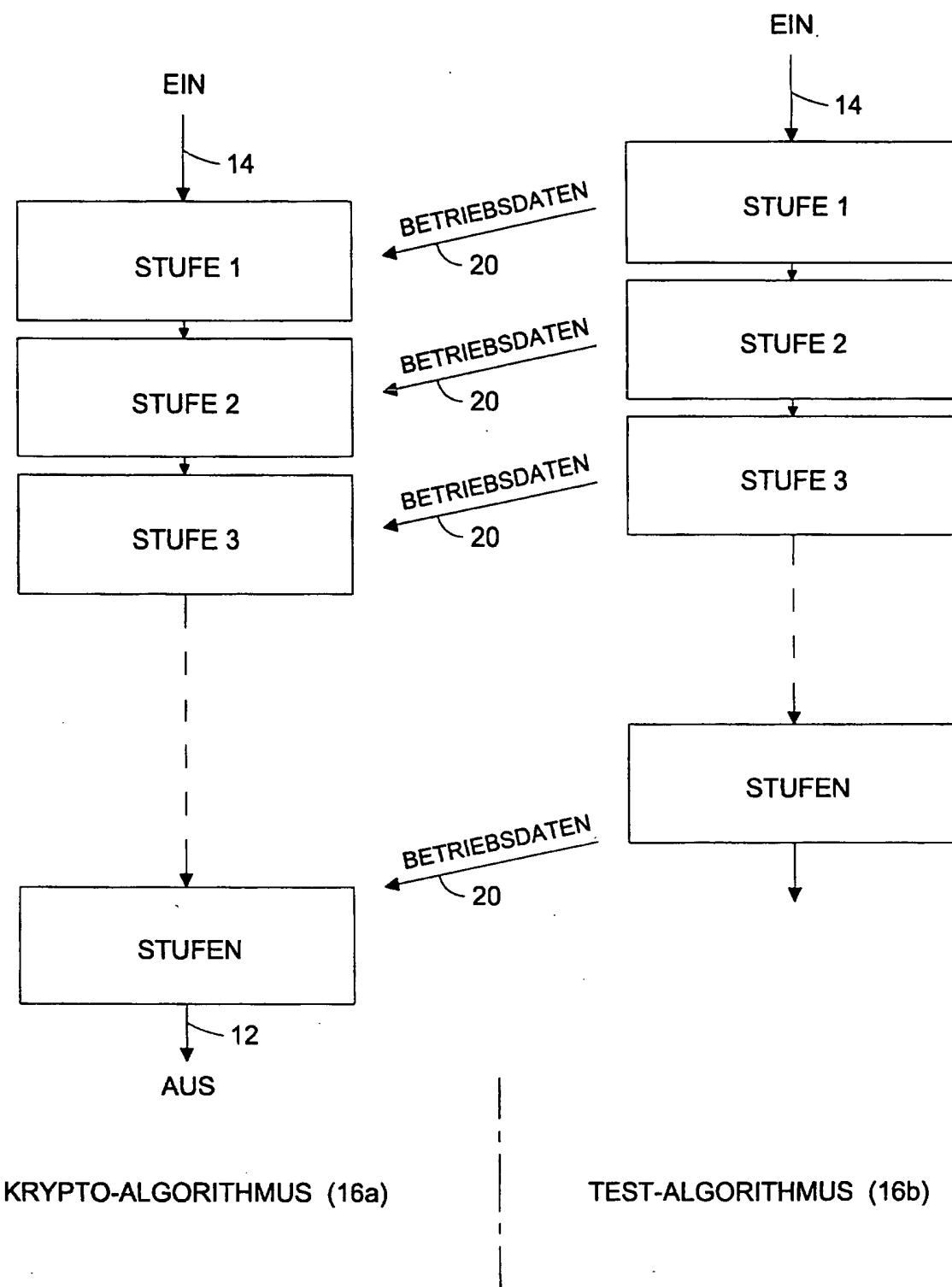


FIG.3

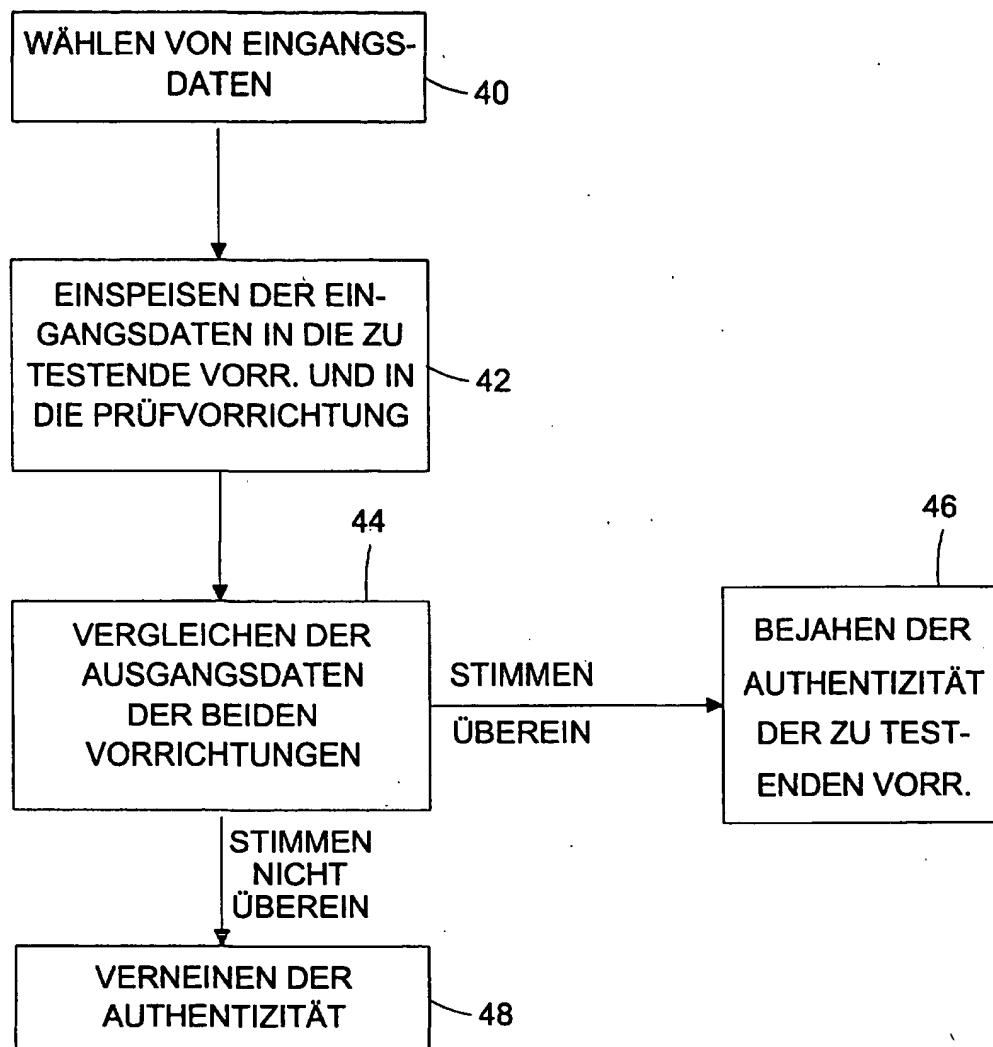


FIG.4

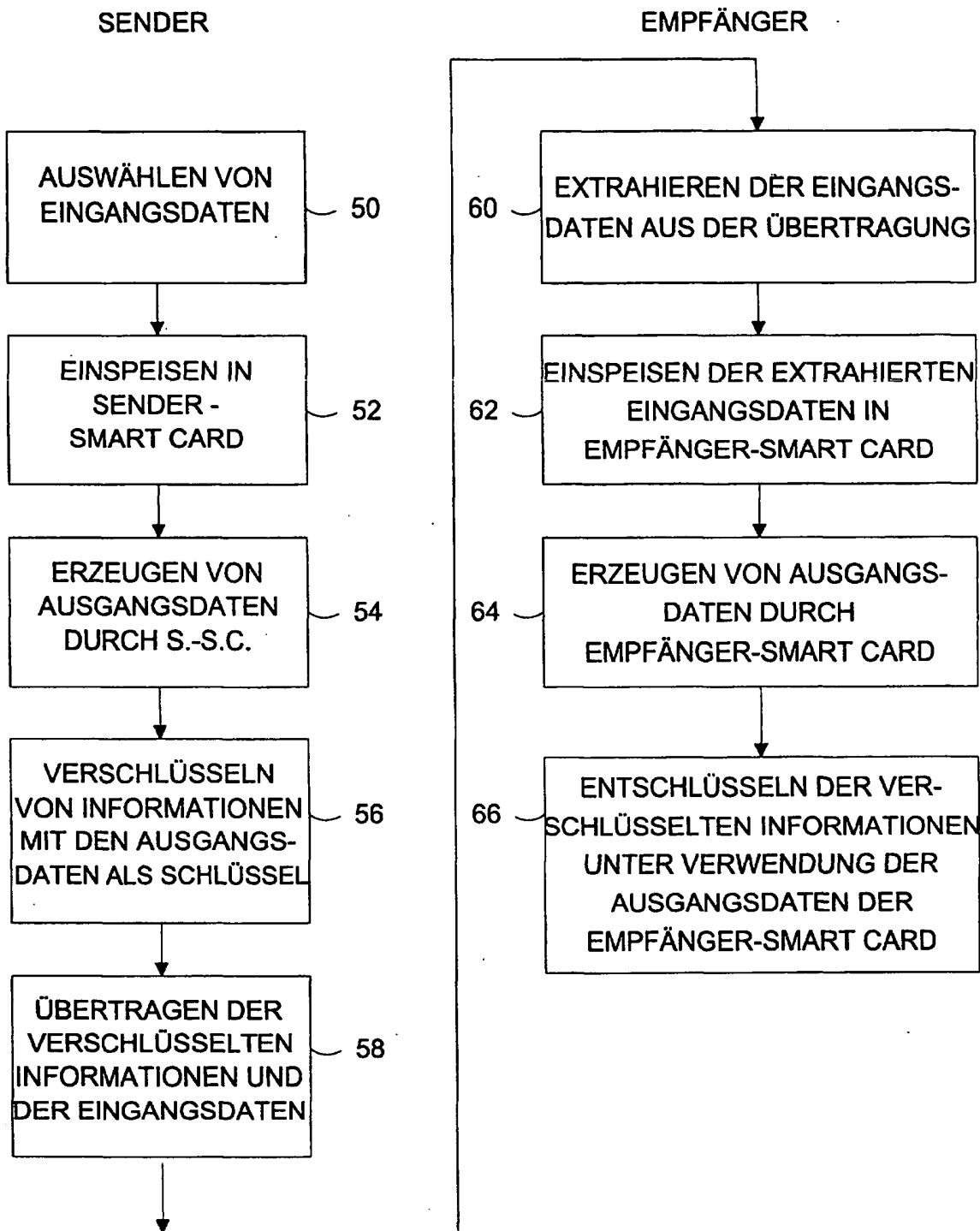


FIG.5